



IIEC 2012

هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع

ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۹۰، ۱ و ۲۶



پایش فرآیندهای دو مرحله‌ای با بکارگیری الگوهای خطی تعمیم یافته و روش معکوس نورتا

علی عسگری^۱، محمدهادی دورودیان^۲، امیرحسین امیری^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه شاهد تهران، a.asgari@shahed.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه شاهد تهران، doroudyan@shahed.ac.ir

^۳ استادیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه شاهد تهران، amiri@shahed.ac.ir

چکیده

امروزه بیشتر محصولات تولیدی، در طی مراحل مختلف به هم وابسته از فرآیند بوجود می‌آیند. بدلیل وجود خاصیت آشناری در اغلب اینگونه از فرآیندها، پایش آنها با استفاده از نمودارهای کنترلی مرسوم، باعث بوجود آمدن خطاهای غیر قابل اجتناب و تصمیم گیری های اشتباه می‌شود، یکی از نمودارهای کاربردی برای پایش فرآیندهای چند مرحله‌ای، نمودار انتخاب عامل انحراف می‌باشد. اینگونه نمودارها بیشتر برای مشخصه های کیفی نرمال مورد استفاده قرار گرفته اند. در این مقاله یک فرآیند دو مرحله‌ای در شرایطی که مشخصه کیفی در مرحله دوم دارای توزیع گاما است، مورد بررسی قرار گرفته است و برای پایش این فرآیند از نمودار انتخاب عامل انحراف استفاده شده است. آماره نمودار کنترل انتخاب عامل انحراف، مقادیر حاصل از ترکیب روش معکوس نورتا و مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد. برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی از شاخص متوسط طول دنباله استفاده شده و عملکرد آن با بهترین روش موجود در ادبیات مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی در کشف شیفت های کاهشی و افزایشی است.

کلمات کلیدی

فرآیندهای چند مرحله‌ای؛ خاصیت آشناری؛ نمودار انتخاب عامل انحراف؛ مدل های خطی تعمیم یافته؛ روش معکوس نورتا.

Monitoring Two Stages Processes Using Generalized Linear Models and NORTA Inverse Method

Ali Asgari, Mohammad Hadi Dourodian, Amirhossein Amiri

ABSTRACT

Today, most of products produce in different dependent stages of processes. Using the traditional control charts to monitor these processes is not correct because in most of these processes, there is the cascade property. To monitor these processes, cause selecting control charts (CSCs) are developed specifically to monitor multistage processes. These control charts have usually been used when quality characteristics follow normal distribution. However, sometimes other distributions rather than normal can characterize quality characteristics. In this paper, we consider a two stages process with a Gamma quality characteristic in the second stage and use a cause selecting control chart to monitor the residual of this quality characteristic which is obtained by Generalized Linear Models (GLM) and NORTA inverse method. The performance of the proposed control chart is investigated in terms of average run length criterion in comparison with the best method in the literature. The results illustrate the better performance of the proposed method in detecting increasing and decreasing shifts.

KEYWORDS

Multistage processes; cascade property; cause selecting control Charts (CSCs); generalized Linear Models (GLM); NORTA inverse method.

^۱ امیرحسین امیری، استادیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تلفن: ۵۱۲۱۲۰۶۵

۱- مقدمه

که نمودار کنترل انتخاب عامل انحراف با حدود پیشگویی، عملکرد بهتری نسبت به حدود کنترل ژانگ [۲] از خود نشان می‌دهد. سولک و همکاران [۹] از نمودار انتخاب عامل انحراف برای کنترل یک فرآیند خدمت دهی که در آن خاصیت آشناری دیده می‌شود، استفاده کردند. همچنین تی سانگ و همکاران [۱۰] نیز به بررسی و کنترل یک فرآیند چند مرحله ای خدمت دهی پرداختند. اسدزاده و همکاران [۱۱] فرض کردند، در داده های گذشته ای که به منظور برازش رابطه رگرسیونی از آنها استفاده می‌شود، داده های دورافتاده نیز وجود دارد. آنها برای برازش رابطه رگرسیونی از تکنیک های استوار برای تخمین پارامترها استفاده نمودند و نمودارهای انتخاب عامل انحراف را برای کنترل فرآیند در این شرایط، پیشنهاد کردند. اسدزاده و همکاران [۱۲] برای برقراری رابطه رگرسیونی و تخمین پارامترها از تکنیک استوار دیگری، استفاده نمودند و با مقایسات بعمل آمده نشان دادند که روش پیشنهادیشان عملکرد بهتری در هنگام وجود داده های دورافتاده دارد. همچنین اسدزاده و همکاران [۱۳] مرور ادبیاتی در زمینه نمودارهای انتخاب عامل انحراف و نمودارهای مبتنی بر مدل انجام داده اند.

در بسیاری از مطالعات انجام شده در زمینه فرآیندهای چند مرحله ای از جمله مقالات اشاره شده، فرض نرمال بودن مشخصه های کیفی وجود دارد. اما همیشه در عمل اینطور نیست و مشخصه های کیفی هر یک از مراحل ممکن است از توزیعی غیر از توزیع نرمال پیروی کنند. یکی از تحقیقاتی که در این زمینه انجام شد توسط اسکینر و همکاران [۱۴] صورت گرفت، با این فرض که مشخصه کیفی مرحله دوم از توزیع پواسن پیروی می‌کند، در این مقاله از باقیمانده های انحراف که یک آماره نسبت درستیابی می‌باشد، جهت کنترل فرآیند استفاده شده است. در تحقیق دیگری نیز، اسکینر و همکاران [۱۵] به بررسی نمودارهای کنترل مبتنی بر الگوی خطی تعمیم یافته جهت مدل کردن چندین ورودی و چندین خروجی که رابطه آنها متفاوت است، پرداخته اند. با این فرض که میانگین و واریانس متغیر پواسن با یکدیگر برابر نیستند. جرکاپورن و همکاران [۱۶] یک فرآیند دو مرحله ای را در شرایطی که مشخصه کیفی در مرحله دوم دارای توزیع گاما است را مورد بررسی قرار دادند و جهت کنترل فرآیند، آماره باقیمانده های انحراف که از رابطه (۱) بدست می‌آید را پیشنهاد نمودند. لازم به ذکر است که برای تشکیل این آماره از روش ماکزیمم درستنمایی و آزمون فرض استفاده شده است. آنها برای برقراری رابطه رگرسیونی مشخصه های کیفی بین دو مرحله از تابع رابط لگاریتم استفاده نموده اند.

$$r = \text{sign}[y - \exp(x/\beta)] \left\{ 2 \left[-\ln \left(\frac{y}{\exp(x/\beta)} \right) - 1 + \frac{y}{\exp(x/\beta)} \right] \right\}^{1/2} \quad (1)$$

و حدود کنترل $\bar{r}_j \pm k\sqrt{\text{var}(r_j)}$ برای آماره پیشنهادی در رابطه (۱) تعریف شده است.

بیشتر محصولاتی که امروزه تولید می‌شوند حاصل مراحل مختلفی از فرآیند هستند. نمونه واقعی از اینگونه فرآیندها، یک خط تولید می‌باشد که در آن اجزا و قطعات چندین مرحله عملیات مختلف را قبل از مونتاژ شدن در مرحله آخر، طی می‌کنند. همانطور که مشخص است در اینگونه از فرآیندها، مشخصه کیفی در هر مرحله به مشخصه های کیفی مراحل قبل خود نیز وابسته است و اگر در یک مرحله از فرآیند، محصول از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد، نمی‌توان نتیجه گرفت که این کیفیت نامطلوب فقط ناشی از کیفیت نامطلوب فرآیند در مرحله جاری است بلکه ممکن است ناشی از کیفیت ضعیف مراحل قبلی باشد. به اینگونه ارتباط که بین مشخصه کیفی هر مرحله با مشخصه های کیفی مراحل قبل وجود دارد، خاصیت آشناری می‌گویند. بدلیل ارتباطی که در اینگونه از فرآیندها، بین مراحل مختلف وجود دارد، پایش جداگانه مراحل مختلف با استفاده از نمودارهای کنترلی مرسوم مانند نمودارهای از نوع شوهارت، مناسب نمی‌باشد. همچنین پایش همزمان مراحل مختلف اینگونه فرآیندها با استفاده از نمودارهای کنترلی چند متغیره مثل T^2 هتلینگ، مناسب به نظر نمی‌رسد. زیرا اینگونه از نمودارها تنها می‌توانند حالت خارج کنترل را نشان دهند و مشخص نمی‌کنند که مشخصه کیفی کدام مرحله خارج از کنترل است [۱۱]. برای کنترل فرآیندهای چند مرحله ای رویکردهای مختلفی وجود دارد که مهمترین رویکرد آن استفاده از نمودارهای کنترلی انتخاب عامل انحرافی باشد که اولین بار توسط ژانگ [۲] معرفی شد و بعدها نیز خود او به بسط و گسترش آن پرداخت. لوکاس و اسکوکلی [۳] استفاده از آماره نمودار کنترل میانگین متحرک موزون نماییرا برای کنترل مقادیر باقیمانده پیشنهاد کردند و نمودار خود را EWMA CSC نامیدند. وید و وودال [۱]، نمودار انتخاب عامل انحراف جدیدی را معرفی کردند که در آن، از حدود کنترل پیشگویی استفاده شده است. آنها نشان دادند که حدود کنترل پیشگویی در شیفتهایی که در $E(Y|X)$ رخ می‌دهد بهتر از حدود کنترل ژانگ [۲] عمل می‌کند. هاوکینز [۹] نمودارهای مبتنی بر تعدیل رگرسیون را ارائه نمود، که شبیه به نمودار انتخاب عامل انحراف می‌باشد. هاوکینز [۴] ابتدا نمودارهای تعدیل رگرسیونی را برای پایش مشخصه های کیفی چند متغیره ارائه نمود. با این فرض که این متغیرها به هم وابسته اند ولی در آنها خاصیت آشناری وجود ندارد. سپس این نمودار را برای متغیرهایی که در آنها خاصیت آشناری وجود دارد، توسعه داد [۵]. هاک و همکاران [۶] مدل هاوکینز [۴] را با این فرض که در هر مرحله از فرآیند چندین مشخصه کیفی وجود دارد، توسعه دادند. تی سانگ و همکاران [۷] یک فرآیند دو مرحله ای را که در آن مشخصه کیفی در مرحله دوم تابعی از چندین مشخصه کیفی در مرحله اول می‌باشد را با در نظر گرفتن عدم قطعیت پارامترهای مدل مورد بررسی قرار دادند. تی سانگ و همکاران [۸] به بررسی اثر تخمین خطا بر روی نمودارهای انتخاب عامل انحراف پرداختند و نشان دادند

را برای برقراری رابطه بین میانگین مشخصه کیفی مرحله دوم (μ_y) و مشخصه کیفی مرحله اول (x) در نظر گرفتیم.

$$\log(\mu_y) = X'\beta \quad (2)$$

در رابطه (۲)، X' ماتریس داده‌های مربوط به مشخصه کیفی مرحله اول به صورت $X' = (1, x)$ می‌باشد که 1 و x به ترتیب بردار یکه و بردار مقادیر مشخصه کیفی مرحله اول است. β بردار ضرایب رگرسیون GLM است که مشخصه کیفی مرحله دوم را به مشخصه کیفی مرحله اول مرتبط می‌سازد و مقادیر آن در فاز ۱ تخمین زده می‌شود و در فاز ۲ معلوم فرض می‌شود. با توجه به اینکه پارامتر شکل (k) در توزیع مشخصه کیفی مرحله دوم ثابت و معلوم فرض می‌شود، پارامتر مقیاس در توزیع مشخصه کیفی مرحله دوم از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$\lambda = \frac{\mu_y}{k} = \frac{\exp(X'\beta)}{k} \quad (3)$$

بنابراین مشخصه کیفی مرحله دوم (y) دارای توزیع گاما با بصورت رابطه (۴) می‌باشد.

$$Y \sim \text{Gamma}(k, \lambda) \quad (4)$$

۳- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی به اینصورت است که ابتدا برای هر یک از مشاهدات موجود مشخصه کیفی مرحله اول (x)، میانگین مشخصه کیفی مرحله دوم (μ_y) را با استفاده از رابطه (۲) بدست می‌آوریم. و بعد از اینکه نمونه‌گیری برای مشخصه کیفی مرحله دوم انجام شد. مشخصه کیفی مرحله دوم را با استفاده از ترکیب روش معکوس نورتا [۱۷] و مدل‌های خطی تعمیم یافته بگونه‌ای تغییر فرم می‌دهیم که متغیرهای تغییر فرم یافته جدید دارای توزیع نرمال استاندارد می‌باشد. ضمن اینکه مشخصه کیفی تغییر فرم یافته مرحله دوم از مشخصه کیفی مرحله اول مستقل می‌شود. بنابراین می‌توان مشخصه کیفی تغییر فرم یافته مرحله دوم را به وسیله نمودارهای کنترل تک متغیره مثل EWMA پایش نمود.

یکی از رویکردهای موجود در پایش مشخصه‌های کیفی غیر نرمال اعمال یک تابع تبدیل بروی این مشخصه‌هاست بگونه‌ای که متغیر جدید با تقریب خوبی دارای توزیع نرمال باشد. سپس می‌توان از تکنیک‌های گسترده موجود برای متغیرهای نرمال استفاده نمود. از جمله این توابع تبدیل می‌توان به تابع آرکسینوس [۱۸]، روش ریشه دوم [۱۹]، روش کوسنبری [۲۰] و معکوس نورتا [۱۷] اشاره نمود. نیایکی و عباسی [۱۷] نشان دادند که روش معکوس نورتا نسبت به سایر روشها بهتر عمل می‌کند.

براساس روش معکوس نورتا به منظور تبدیل متغیر y با تابع توزیع تجمعی F_y به متغیر جدید y' با توزیع نرمال از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$y' = \Phi^{-1}(F_y(y)) \quad (5)$$

در این مقاله یک فرآیند دو مرحله‌ای مد نظر قرار گرفته که مشخصه کیفی مرحله دوم از توزیع گاما پیروی می‌کند. ضمناً فرض می‌شود که پارامترها معلوم و در فاز ۲ نمودارهای کنترل هستیم. برای کنترل این مشخصه کیفی یک نمودار کنترل انتخاب عامل انحراف پیشنهاد شده که آماره مرتبط با آن حاصل از ترکیب روش معکوس نورتا [۲۱] و مدل خطی تعمیم یافته می‌باشد. عملکرد روش پیشنهادی با استفاده از شاخص متوسط طول دنباله با عملکرد روش پیشنهادی جرکاپورن و همکاران [۱۶] مقایسه شده است. ساختار مقاله بدین صورت است که در بخش بعدی به تشریح مسئله مورد نظر پرداخته شده است و تابع رابط مورد استفاده معرفی شده است. در بخش سوم روش پیشنهادی ارائه گردیده است. در بخش چهارم به مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با روش ارائه شده توسط جرکاپورن و همکاران [۱۶] پرداخته شده است و در بخش نهایی نیز نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- تشریح مساله

فرض کنید که یک فرآیند دو مرحله‌ای به هم وابسته بصورت شکل (۱) وجود دارد که تغییر در پارامتر میانگین مشخصه کیفی مرحله اول بر مشخصه کیفی مرحله دوم اثرگذار است که این نشان دهنده وجود خاصیت آبخاری در این فرآیند می‌باشد. مشخصه کیفی مرحله اول (x) دارای توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص می‌باشد و مشخصه کیفی مرحله دوم (y) این فرآیند نیز از توزیع گاما پیروی می‌کند و پارامتر میانگین آن نیز با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته به صورت تابع رابط رگرسیونی از مشخصه کیفی مرحله اول بدست می‌آید.



شکل (۱): شمای کلی فرآیند دو مرحله‌ای

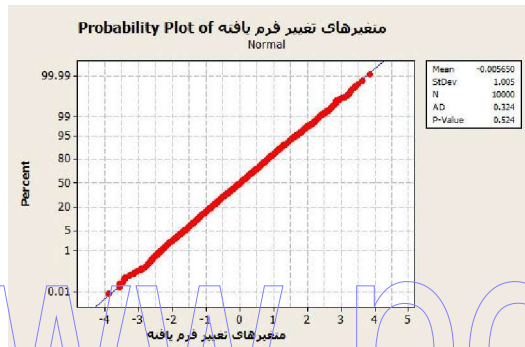
در ادامه نحوه برازش مدل خطی تعمیم یافته بر داده‌های در دسترس x و y به منظور تخمین رابطه رگرسیونی بین این دو مشخصه کیفی توضیح داده شده است.

از آنجایی که مشخصه کیفی در مرحله دوم که نقش متغیر خروجی را دارد، دارای توزیع گاما می‌باشد، نمی‌توان از روش حداقل مربعات برای تخمین رابطه بین دو متغیر پاسخ و متغیر مستقل (پیش بینی کننده) استفاده نمود و بایستی از مدل‌های خطی تعمیم یافته استفاده کرد.

مدل‌های خطی تعمیم یافته برای مواقعی که متغیرها از خانواده توزیع‌های نمایی هستند، کاربرد فراوانی دارد. این خانواده نیز شامل توزیع‌های نرمال، دوجمله‌ای، پواسون، نمایی و گاما می‌باشند. هر یک از متغیرهای پاسخ که از یکی از توزیع‌های ذکر شده پیروی کند، دارای تابع رابط مخصوص به خود می‌باشد. این توابع رابط در واقع پارامتر میانگین توزیع متغیرهای پاسخ را بصورتی با متغیرهای ورودی مرتبط می‌کنند. ما در این مقاله تابع رابط لگاریتم (رابطه ۲)

باشند. در نمودارهای انتخاب عامل انحراف مشخصه کیفی مورد پایش (مشخصه کیفی مرحله دوم) بگونه ای از متغیرهای ورودی فرآیند (مقادیر مشخصه کیفی مرحله اول) مستقل می شوند تا بتوان تصمیم گیری بهتری را در هنگام وجود انحرافات با دلیل اتخاذ نمود.

در این مثال مشخصه کیفی مرحله اول (X) از توزیع نرمال با میانگین ۳ و انحراف معیار ۱ پیروی می کند. همچنین مقادیر پارامترهای تابع رابط β_0 و β_1 به ترتیب ۰/۵ و ۰/۵ می باشد. ضمن اینکه پارامتر شکل توزیع مشخصه کیفی مرحله دوم برابر ۳ می باشد. به منظور شبیه سازی فرآیند ابتدا مقادیر مشخصه کیفی مرحله اول به صورت تصادفی بر اساس توزیع نرمال با پارامترهای ذکر شده تولید می شود. سپس مقادیر پارامتر میانگین و به تبع آن پارامتر مقیاس مشخصه کیفی مرحله دوم به ترتیب از روابط (۲) و (۳) محاسبه می شود و مقادیر مشخصه کیفی مرحله دوم به ازای مقادیر مشخصه کیفی مرحله اول، بنابر توزیع گاما همانند رابطه (۴) با پارامترهای بدست آمده، به صورت تصادفی تولید می شود.



شکل (۲): نتیجه آزمون نرمال بودن متغیرهای تعبیر فرم یافته

همچنین به منظور بررسی نرمال بودن متغیرهای تعبیر فرم یافته مشخصه کیفی مرحله دوم تعداد ۱۰۰۰۰ مشاهده شبیه سازی شده و بعد از تغییر فرم، آزمون نرمال بودن بر روی آنها در نرم افزار Minitab نشان می دهد که این متغیرها از توزیع نرمال پیروی می کنند. نتایج بدست آمده در شکل (۲) مشاهده می شود.

۴-۲- مقایسه عملکرد دو روش بوسیله شاخص متوسط

طول دنباله

برای مقایسه عملکرد روش پیشنهادی با روش جرکپاپورن و همکاران [۱۶] حدود کنترل دو روش بگونه ای تعیین می شود که متوسط طول دنباله تحت کنترل آن ها برابر ۲۰۰ شوند و عملکرد دو روش بر اساس معیار متوسط طول دنباله خارج از کنترل مقایسه می شوند. نتایج شبیه سازی ها بر اساس ۱۰۰۰۰ بار تکرار به دست آمده است. بعد از تعیین حدود کنترل آماره پیشنهادی و آماره جرکپاپورن و همکاران [۱۶]، سه نوع شیفت به منظور بررسی عملکرد آنها در نظر گرفته شده است که در ادامه هر یک مورد بررسی قرار گرفته اند.

شیفت در پارامتر β_0

در این زیر بخش به مقایسه عملکرد نمودار کنترل پیشنهادی و نمودار کنترل جرکپاپورن و همکاران [۱۶] تحت اندازه شیفتهای

که $\Phi^{-1}(\cdot)$ نشان دهنده معکوس تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد تک متغیره است. براساس تبدیل $\Phi^{-1}(F_Y(\cdot))$ متغیر Y' دارای توزیع نرمال استاندارد می باشد.

در روش پیشنهادی ابتدا به ازای هر یک از مشاهدات موجود مشخصه کیفی مرحله اول (X)، میانگین (μ_Y) و به تبع آن پارامتر مقیاس (S) توزیع مشخصه کیفی مرحله دوم را به ترتیب و با استفاده از روابط (۲) و (۳) بدست می آوریم. سپس احتمال تجمعی مشاهدات مشخصه کیفی مرحله دوم مرتبط با آن را بر اساس توزیع گاما موجود در رابطه (۴) با پارامترهای به دست آمده، محاسبه می کنیم. و معکوس تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد احتمال بدست آمده متغیر تغییر فرم یافته از مشخصه کیفی مرحله دوم می باشد که دارای توزیع نرمال استاندارد می باشد.

با توجه به اینکه احتمالات تجمعی مشاهدات مشخصه کیفی مرحله دوم، براساس اثر مشخصه کیفی مرحله اول بر میانگین مشخصه کیفی مرحله دوم، محاسبه شده اند، مقادیر احتمالات بدست آمده مستقل از مقادیر مشخصه کیفی مرحله اول می باشد و فقط دارای اثر مشخصه کیفی مرحله دوم می باشند. بنابراین مقادیر معکوس این احتمالات از توزیع نرمال استاندارد نیز مستقل از مرحله اول می باشد و فقط به مشخصه کیفی مرحله دوم وابسته است. در نتیجه پیشنهاد می شود مقادیر تغییر فرم یافته از مشخصه کیفی مرحله دوم با استفاده از نمودار کنترل تک متغیره EWMA، کنترل شود.

لازم به ذکر است که متغیرهای تغییر فرم یافته مشخصه کیفی مرحله دوم دارای توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس یک می باشند. بنابراین، به منظور کنترل فرآیند با نمودار EWMA می توان با تعیین میزان خطای نوع اول و ضریب هموارسازی مورد نظر حدود کنترلی را بدون نیاز به شبیه سازی و به کمک زنجیره مارکوف به دست آورد. به عنوان مثال حدود کنترل ± 0.18785 برای خطای نوع اول مورد نظر ۰/۰۰۵ و ضریب هموارسازی ۰/۲.

۴-۳- بررسی عملکرد روش پیشنهادی

۴-۱- تشریح مثال

در یک سیستم تولیدی، یک فرآیند دو مرحله ای به هم وابسته وجود دارد که هر یک از مراحل دارای یک مشخصه کیفی می باشند. مشخصه کیفی مرحله اول این فرآیند دارای توزیع نرمال و مشخصه کیفی مرحله دوم نیز از توزیع گاما پیروی می کند. در این فرآیند اگر پارامتر توزیع مشخصه کیفی مرحله اول تغییر کند، این تغییر بر مشخصه کیفی مرحله دوم اثرگذار است و بنابراین خاصیت آبخاری در این فرآیند وجود دارد. بنابر خاصیت آبخاری، پارامتر میانگین مشخصه کیفی مرحله دوم با استفاده از تابع رابط به مشخصه کیفی مرحله اول مرتبط می شود. در این مثال تابع رابط لگاریتم به عنوان تابع رابط فرآیند در نظر گرفته شده است. یکی از نمودارهای پر کاربرد در این شرایط، نمودارهای کنترل انتخاب عامل انحراف می

| پیشنهادی | | | پیشنهادی | | |
|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| ۰ | ۲۰۰/۴۰ | ۱۹۹/۵۴ | ۰ | ۲۰۰/۴۰ | ۱۹۹/۵۴ |
| ۰/۱ | ۱۷۰/۷۲ | ۲۰/۹۹ | ۰/۱ | ۱۷۱/۱۰ | ۳۴/۱۱ |
| ۰/۲ | ۱۰۹/۴۷ | ۶/۷۳ | ۰/۲ | ۱۱۳/۴۷ | ۱۰/۲۸ |
| ۰/۳ | ۶۶/۵۸ | ۳/۸۴ | ۰/۳ | ۶۶/۳۰ | ۵/۷۵ |
| ۰/۴ | ۴۰/۹۷ | ۲/۶۷ | ۰/۴ | ۴۰/۷۴ | ۴/۰۸ |
| ۰/۵ | ۲۵/۸۶ | ۲/۰۷ | ۰/۵ | ۲۷/۷۰ | ۳/۲۵ |
| ۰/۸ | ۱۰/۰۷ | ۱/۳۶ | ۰/۷ | ۱۳/۳۵ | ۲/۴۶ |
| ۱ | ۶/۷۲ | ۱/۲۰ | ۱ | ۶/۸۵ | ۱/۹۷ |
| ۱/۵ | ۳/۵۹ | ۱/۰۶ | ۱/۵ | ۳/۵۹ | ۱/۴۷ |
| ۲ | ۲/۵۲ | ۱/۰۳ | ۲ | ۲/۵۲ | ۱/۲۲ |
| ۲/۵ | ۲/۰۷ | ۱/۰۲ | ۲/۵ | ۲/۰۳ | ۱/۱۱ |
| ۳ | ۱/۷۷ | ۱/۰۱ | ۳ | ۱/۸۰ | ۱/۰۷ |

بررسی شیفت های ایجاد شده در $E(X)$

هدف اصلی نمودارهای انتخاب عامل انحراف جدا نمودن اثر مراحل قبل از مرحله جاری فرآیند می باشد. برای رسیدن به این هدف سعی می شود بگونه ای اثر مشخصه های کیفی مراحل قبل از مشخصه های کیفی مرحله آخر حذف شود. برای بررسی اینکه آیا مشخصه کیفی مرحله دوم که توسط نمودار کنترل انتخاب عامل انحراف مورد پایش قرار می گیرد مستقل از مرحله قبل است یا خیر باید شیفتی که در میانگین مشخصه کیفی مرحله اول یعنی X ایجاد می شود تاثیر محسوسی بر شاخص متوسط طول دنباله نمودار کنترلی انتخاب عامل انحراف نگذارد. به همین منظور در این بخش شیفت های افزایشی و کاهششی در $E(X)$ ایجاد شده است که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است. این شیفت ها بصورتی است که بر اساس آن $E(X) \pm v$ تغییر می یابد.

جدول (۳): نتایج شبیه سازی برای شیفت $E(X)$ به $E(X) \pm v$

| $E(X) + v$ | | | $E(X) - v$ | | |
|------------------|------------|--------|------------------|------------|--------|
| متوسط طول دنباله | | | متوسط طول دنباله | | |
| روش پیشنهادی | نمودار r | v | روش پیشنهادی | نمودار r | v |
| ۰ | ۲۰۰/۴۰ | ۲۰۰/۵۴ | ۰ | ۲۰۰/۴۰ | ۲۰۰/۵۴ |
| ۰/۱ | ۲۰۱/۸۴ | ۱۹۸/۹۵ | ۰/۱ | ۲۰۰/۰۲ | ۲۰۰/۳۲ |
| ۰/۳ | ۱۹۹/۲۵ | ۲۰۰/۴۹ | ۰/۳ | ۲۰۳/۵۱ | ۱۹۸/۸۴ |
| ۰/۵ | ۲۰۳/۳۶ | ۲۰۰/۷۲ | ۰/۵ | ۲۰۰/۳۳ | ۱۹۸/۷۱ |
| ۱ | ۱۹۶/۹۱ | ۲۰۰/۰۵ | ۱ | ۲۰۱/۴۰ | ۲۰۲/۲۸ |
| ۱/۵ | ۲۰۱/۱۸ | ۲۰۱/۰۹ | ۱/۵ | ۱۹۹/۷۷ | ۲۰۱/۳۶ |
| ۲ | ۱۹۹/۵۰ | ۱۹۹/۶۱ | ۲ | ۲۰۱/۲۸ | ۲۰۰/۴۱ |

همانطور که از نتایج جدول (۳) مشخص است، نمودار انتخاب عامل انحراف در هر دو روش به شیفت های افزایشی و کاهششی در میانگین مشخصه کیفی مرحله اول حساس نیست و این تغییرات کوچک در مقادیر متوسط طول دنباله بدلیل خطای شبیه سازی می باشد.

با توجه به نتایجی که در بررسی شیفت ها بدست آمد، روش پیشنهادی عملکرد بسیار بهتری در کشف شیفت های کاهششی و

مختلف در پارامتر β_0 پرداخته می شود. به عبارت دیگر عملکرد نمودار زمانی که β_0 به $\beta_0 \pm \lambda$ تغییر کند مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج این شبیه سازی برای شیفت های افزایشی و کاهششی به ترتیب در جدول (۱) نشان داده شده است. همچنین لازم به ذکر است که نمودار کنترل جرکپاپورن و همکاران [۱۶] با نام نمودار r مشخص شده است.

همانطور که از نتایج جدول (۱) مشخص است، روش پیشنهادی دارای عملکرد بهتری نسبت به نمودار کنترل r در کشف شیفت های افزایشی و کاهششی است. همچنین لازم به ذکر است که در شیفت های بزرگ اختلاف معناداری بین دو روش وجود ندارد در حالیکه در شیفت های کوچک روش پیشنهادی دارای عملکرد بسیار بهتری است.

جدول (۱): نتایج شبیه سازی تحت شیفت β_0 به $\beta_0 \pm \lambda$

| $\beta_0 + \lambda$ | | | $\beta_0 - \lambda$ | | |
|---------------------|------------|-----------|---------------------|------------|-----------|
| متوسط طول دنباله | | | متوسط طول دنباله | | |
| روش پیشنهادی | نمودار r | λ | روش پیشنهادی | نمودار r | λ |
| ۰ | ۲۰۰/۴۱ | ۱۹۹/۵۴ | ۰ | ۲۰۰/۴۰ | ۱۹۹/۵۴ |
| ۰/۱ | ۱۳۵/۴۸ | ۱۰۰/۲۲ | ۰/۳ | ۱۷۰/۷۲ | ۳۴/۳۹ |
| ۰/۱۵ | ۱۰۳/۹۱ | ۶۳/۴۷ | ۰/۴ | ۱۰۹/۴۷ | ۲۱/۱۷۱ |
| ۰/۲ | ۷۸/۰۲ | ۴۱/۶۵ | ۰/۵ | ۶۶/۵۸ | ۱۴/۰۲ |
| ۰/۲۵ | ۶۰/۱۴ | ۲۹/۶۰ | ۰/۷ | ۴۰/۹۷ | ۸/۰۷ |
| ۰/۳ | ۴۶/۸۵ | ۳۱/۵۳ | ۰/۹ | ۲۵/۸۶ | ۵/۷۰ |
| ۰/۴ | ۲۷/۸۶ | ۱۳/۲۲ | ۱/۲ | ۱۰/۰۷ | ۴/۰۱ |
| ۰/۵ | ۱۷/۵۴ | ۹/۰۲ | ۱/۵ | ۶/۷۲ | ۳/۱۴ |
| ۰/۶ | ۱۱/۴۹ | ۶/۸۷ | ۱/۷۵ | ۳/۵۹ | ۲/۷۵ |
| ۰/۸ | ۵/۸۸ | ۴/۵۳ | ۲ | ۲/۵۲ | ۲/۴۵ |
| ۱ | ۳/۵۰ | ۲/۴۳ | ۲/۲۵ | ۲/۰۷ | ۲/۲۱ |
| ۱/۳ | ۲/۰۸ | ۲/۰۸ | ۲/۵ | ۱/۶۱ | ۲/۰۶ |
| ۱/۵ | ۱/۶۴ | ۲/۰۳ | | | |
| ۲ | ۱/۱۸ | ۱/۴۶ | | | |

شیفت در پارامتر β_1

در این زیر بخش به مقایسه دو نمودار مذکور تحت اندازه شیفت های مختلف در پارامتر β_1 پرداخته می شود. به عبارت دیگر عملکرد دو نمودار زمانی که β_1 به $\beta_1 \pm \gamma$ تغییر کند مورد ارزیابی قرار می گیرد. نتایج شبیه سازی برای شیفت های افزایشی و کاهششی در پارامتر β_1 به ترتیب در جدول (۲) آورده شده است.

همانطور که از نتایج جدول (۲) مشخص است، روش پیشنهادی دارای عملکرد بسیار بهتری نسبت به نمودار کنترل r در کشف شیفت های افزایشی و کاهششی است.

جدول (۲): نتایج شبیه سازی تحت شیفت β_1 به $\beta_1 \pm \gamma$

| $\beta_1 + \gamma$ | | | $\beta_1 - \gamma$ | | |
|--------------------|------------|----------|--------------------|------------|----------|
| متوسط طول دنباله | | | متوسط طول دنباله | | |
| روش | نمودار r | γ | روش | نمودار r | γ |
| | | | | | |

- Sulek J.M., Maruchek A., Lind M.R., "Measuring performance in multistage service operations: an application of cause selecting control charts", *Journal of Operation Management*, Vol. 24, No.5, PP. 711-727, 2006. [9]
- Tsung F., Li Y., Jin M., "Statistical process control for multistage manufacturing and service operations: a review and some extensions", *International Journal of Services Operations and Informatics*, Vol. 3, No. 2, PP. 191-204, 2008. [10]
- Asadzade Sh., Aghaie A., "Cause selecting control charts based on Huber's M-estimator", *International Journal Advance Manufacturing Technology*, Vol. 45, No. 3-4, PP. 341-351, 2009. [11]
- Asadzade Sh., Aghaie A., Shahriari H., "Monitoring dependent process steps using robust cause-selecting control charts", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 25, No. 7, PP. 851-874, 2009. [12]
- Asadzade Sh., Aghaie A., Yang S.F., "Monitoring and diagnosing multistage processes: A review of cause selecting control charts", *Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol. 2, No. 3, PP. 214-235, 2008. [13]
- Skinner K.R., Montgomery D.C., Runger G.C., "process monitoring for multiple count data using generalizd-linear model-based control charts", *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 6, PP. 1167-1180, 2003. [14]
- Skinner K.R., Montgomery D.C., Runger G.C., "Generalized-linear model-based control charts for discrete semiconductor process data", *Quality and Reliability Engineering Internatinal*, Vol. 20, No. 8, PP. 777-786, 2004. [15]
- Jearkpaorn D., Montgomery D.C., Runger G.C., Borror C.M., "Process monitoring for correlated gamma-distributed data using generalized-linear model-based control chart", *Quality and Reliability engineering International*, Vol. 19, No. 6, PP. 477-491, 2003. [16]
- Niaki STA, Abbasi B., "Monitoring multi-attribute processes based on NORTA inverse transformed vectors", *Communication in Statistics - Theory and Methods* Vol. 38, No. 7, PP. 964-979, 2009. [17]
- Anscombe F.J., "The transformation of poisson, binominal, and negative binominal data", *Biometrika*, Vol. 35, No. 3-4, PP. 246-254, 1948. [18]
- Ryan TP. *Statistical Methods for Quality Improvement*. John Wiley & Sons: New York, 1989. [19]
- Quesenberry CP. *SPC methods for quality improvement*. John Wiely & Sons: New York, 1997. [20]
- افزایشی نسبت به نمودار کنترل r دارد و بهتر است در این شرایط از نمودار کنترلی پیشنهادی به جای نمودار کنترل r جهت کشف سریعتر شیفت‌ها استفاده نمود.
- ۵- نتیجه‌گیری**
- در این مقاله، یک نمودار کنترل انتخاب عامل انحراف در یک فرآیند دو مرحله‌ای در شرایطی که مشخصه کیفی مرحله دوم بصورت گاما می‌باشد، پیشنهاد شد به صورتی که آماره نمودار کنترل جهت پایش مشخصه کیفی مرحله دوم حاصل از ترکیب روش معکوس نورتا و الگوهای خطی تعمیم یافته می‌باشد. عملکرد نمودار کنترلی پیشنهادی با استفاده از شبیه‌سازی و مقایسه متوسط طول دنباله با روش پیشنهادی جرکپاپورن و همکاران [۱۶] مقایسه گردید. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی در کشف شیفت‌های کاهشی و افزایشی، عملکرد بسیار بهتری دارد، ضمن اینکه محاسبات مورد نیاز جهت بدست آوردن آماره کنترلی و همچنین حدود کنترلی بسیار کمتر و ساده‌تر از روش پیشنهادی جرکپاپورن و همکاران [۱۶] می‌باشد.
- ۶- مراجع**
- Wade M.R., Woodall W.H., "A review and analysis of cause-selecting control charts", *Journal of Quality Technology*, Vol. 25, No.3, PP. 161-169, 1993. [1]
- Zhang G.X., "A new type of control charts and theory of diagnosis with control charts", *World Quality Congress Transactions. American Society for Quality Control*, PP. 175-185, 1984. [2]
- Lucas, J.M. and Saccucci, M.S., Exponentially weighted movingaverage control schemes: properties and enhancements. *Technometrics*, Vol. 32, No. 1, PP. 1-29, 1990. [3]
- Hawkins D.M., "Multivariate Quality Control Based on Regression Adjusted Variables", *Technometrics*, Vol. 33, No. 1, PP. 61-75, 1991. [4]
- Hawkins D.M., "Regression adjustment for variables in multivariate quality control", *Journal of quality Technology*, Vol. 25, No. 3, PP. 170-182, 1993. [5]
- Hauck D.J., Runger G.C., Montgomery D.C., "Multivariate statistical process monitoring and diagnosis with grouped regression-adjusted variables", *Communications in Statistics. Simulation and Computation*, Vol. 28, No. 2, PP. 309-328, 1999. [6]
- Shu L., Tsung F., Kapur K.C., "Design of multiple cause-selecting charts for multistage processes with model uncertainty", *Quality Engineering*, Vol. 16, No. 3, PP. 437-450, 2004. [7]
- Shu L., Tsung F., Tsui K.L., "Effect of estimation errors on cause-selecting charts", *IIE Transactions*, Vol. 37, No. 6, PP. 559-567, 2005. [8]